

costado oriental y nororiental otro macizo montañoso de menor altura. Estos factores hacen que los ruidos muy fuertes se concentren y transmitan a lo largo de la ciudad, tales como explosiones e incluso el ruido generado por aviones. También ocasionan difracción del sonido, que es el cambio de la dirección de propagación de las ondas sonoras cuando éste choca contra un obstáculo.

Durante las dos últimas décadas, la ciudad ha afrontado un intenso desarrollo urbano, enfocado en los extremos norte y sur de la ciudad, así como también se ha dirigido hacia los valles orientales. Sin embargo gran parte de este crecimiento urbano no fue planificado, y como consecuencia, ha repercutido en el aumento del ruido ambiental.

Entre otros factores, Quito se ve afectada por el ruido ambiental debido a la complejidad de su topografía, con calles y avenidas estrechas y empinadas, además por el considerable aumento del parque automotor durante la última década. Según el informe anual 2007 de CORPAIRE, a diciembre de 2007, el Distrito Metropolitano de Quito tiene un parque activo de 368.000 vehículos y 20.000 motos, lo que representa un tercio del total nacional.²

Considerando que en la ciudad de Quito, las principales fuentes de generación de ruido son los automotores, su crecimiento supone también un preocupante aumento de ruido ambiental.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos Básicos

Sonido: Todo agente físico que estimula al sentido del oído.

Ruido: Debido a sus características físicas, es considerado como un contaminante atmosférico. Desde el punto de vista acústico, el ruido es todo sonido percibido no deseado por el receptor, según estipula la Ing. Katty Coral en su documento Control de la Contaminación por Ruido. Por otra parte, el ruido, como todo agente físico cuenta con sus propias características, como son:

- No produce un efecto acumulativo en el ambiente, pero si puede hacerlo en los seres vivos.
- Su área de influencia es menor al de otros contaminantes atmosféricos.

² CORPAIRE. INFORME ANUAL 2007. La calidad del aire en Quito. Quito. 2008

- No se propaga por medio de otros sistemas naturales como el viento.

El ruido tiene dos componentes, un objetivo y un subjetivo. El componente objetivo es el sonido en sí, por ende puede ser medido y cuantificado. En tanto que el componente subjetivo es aquel en el cual el ruido es definido por la sensación que produce en el receptor y que por lo tanto no se sujeta a medición alguna.

Existen otras definiciones importantes en la medición del ruido, los cuales son definidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria de la República del Ecuador, TULAS, Libro VI (SUMA), Anexo 5 y se presentan a continuación.³

Ruido Estable: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a 1 (un) minuto.

Ruido Fluctuante: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Ruido Imprevisto: Es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

Ruido de Fondo: Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

Fuentes Emisoras de Ruido: En general, existen tres tipos de fuentes emisoras de ruido; las Fuentes Fijas, que son aquellas en las cuales los equipos que generan ruido no se trasladan o mueven ya que se encuentran dentro de un terreno o emplazamiento y generalmente se encuentran anclados al suelo, por lo tanto, además de generar ruido, producen vibraciones, por ejemplo las industrias y los talleres mecánicos, que cuentan con equipos como generadores eléctricos y compresores de aire, entre otros.

³ TULAS, Libro VI Anexo 5. Marzo 2003.

Por su parte, las Fuentes Móviles, es decir los automóviles en general, que no sólo generan ruido por el funcionamiento de sus motores, sino que también lo hacen debido a la fricción que existe entre sus neumáticos y el suelo por el que se trasladan.

Finalmente, existen las Fuentes de Ruido de Obras Públicas o Civiles, es decir actividades de construcción de edificaciones y reparación de vías, que utilizan maquinaria pesada y herramientas neumáticas. La problemática con estas fuentes de ruido radica en los altos niveles de ruido que emiten estas fuentes y degeneran en problemas en la salud.

El Texto Unificado de Legislación Ambiental ecuatoriano, TULAS, Libro VI (SUMA), Anexo 5 define los siguientes términos, muy útiles en la temática del Ruido Ambiental.

“Decibel (dB): Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

Nivel de Presión Sonora: Expresado en decibeles, es la relación entre la presión sonora siendo medida y una presión sonora de referencia, matemáticamente se define;

Ecuación No. 1

$$NPS = 20 \log_{10} \left[\frac{PS}{20 * 10^{-6}} \right] \text{ donde } PS \text{ es la presión sonora expresada en pascales (N/m}^2\text{)}$$

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq): También conocido como *Leq*, es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

Nivel de Presión Sonora Corregido: Es aquel nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en la presente norma.

Receptor: Persona o personas afectadas por el ruido.

Respuesta Lenta: Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta

lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

Vibración: Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.”⁴

Tipos de Usos de Suelo

A continuación se explican los tipos de usos de suelo a los que pertenecen las estaciones monitoreadas de la Zona 4.

“Zona de Equipamientos y Protección: Equipamiento se refiere al suelo destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación, transporte, servicios públicos e infraestructura. Uso de protección Ecológica, es el suelo destinado al mantenimiento o recuperación de ecosistemas por razones de calidad ambiental y equilibrio ecológico.

Zona Residencial Múltiple: Corresponde a áreas de centralidad en las que coexisten residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados.”⁵

Zona Residencial: Aquella cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales.”⁶

Mapa Acústico o de Ruido: Conjunto de mediciones del nivel sonoro de un determinado lugar que han sido plasmadas en un mapa geográfico y que muestran el nivel de presión, potencia o

⁴ TULAS, Libro VI Anexo 5. Marzo 2003.

⁵ ORDENANZA METROPOLITANA N° 213. Norma Técnica para el Control de Ruido Causado por Fuentes Fijas y Móviles. Abril 2007.

⁶ TULAS. Libro VI Anexo 5. Marzo 2003.

intensidad sonora de dicho sitio. En la actualidad los mapas de ruido se generan a partir de Sistemas de Información Geográfica.⁷

“Sonómetro: Instrumento diseñado para responder al sonido en aproximadamente la misma manera que lo hace el oído humano y dar mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión sonora. Generalmente cada sonómetro consiste de un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de lectura.

El micrófono convierte la señal sonora a una señal eléctrica equivalente. El tipo más adecuado de micrófono para sonómetro es el micrófono de condensador, el cual combina precisión con estabilidad. La señal eléctrica producida por el micrófono es muy pequeña y debe ser amplificada por un preamplificador antes de ser procesada.

El micrófono capta tres diferentes características estandarizadas internacionalmente, las ponderaciones "A", "B" y "C". Además de una o más de éstas redes de ponderación, los sonómetros usualmente tienen también una red "LINEAL". Esto no pondera la señal, sino que deja pasar la señal sin modificarla.

Después que la señal ha sido ponderada y/o dividida en bandas de frecuencia, la señal resultante es amplificada, y se determina el valor Root Mean Square (RMS), que es un valor promedio matemático especial y de importancia en las mediciones de sonido porque está relacionado directamente con la cantidad de energía del sonido que está siendo medido.

La última etapa del sonómetro es la unidad de lectura que muestra el nivel sonoro en decibeles (dB), u otros como el dBA, que significa que el nivel sonoro medido ha sido ponderado con el filtro A.

Existen diversos tipos de sonómetros que se diferencian principalmente del grado de precisión que deben cumplir en relación a los valores que son capaces de medir. Ellos son los sonómetros tipo 0, 1, 2 y 3. El sonómetro Tipo 0 se utiliza generalmente en laboratorios especializados y sirve como dispositivo estándar de referencia. El Tipo 1, se utiliza tanto en laboratorio como en terreno cuando el ambiente acústico debe ser especificado y/o medido con precisión. El Tipo 2, es adecuado para mediciones generales en terreno y el tipo 3 se utiliza para realizar mediciones de reconocimiento.”⁸

⁷ Grupo de Acústica. (2003). Curso de Acústica en Bachillerato: Aplicaciones al estudio del ruido. Disponible en: <http://www.ehu.es/acustica/bachillerato/genes/genes.html>

⁸ Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Gobierno de Chile. (2008). PORTAL: El Sonómetro. Disponible en: <http://www.conama.cl/portal/1301/article-41326.html>

La Norma Técnica para el Control de Ruido Causado por Fuentes Fijas y Móviles de la Ordenanza Metropolitana N° 213 establece lo siguiente en referencia al sonómetro a usar para mediciones de ruido ambiental: “La medición de ruido se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2”⁹

Difracción del sonido: La difracción es el cambio en la dirección de propagación de las ondas sonoras cuando chocan contra un obstáculo. Como resultado de la difracción, al chocar las ondas sonoras contra una barrera, ésta no extiende una sombra acústica aguda, si no en su lugar, las ondas sonoras se flexionan sobre la parte superior de la barrera.¹⁰

Sistemas de Información Geográfica (SIG): El SIG es un sistema de información utilizado para ingresar, almacenar, recuperar, manipular, analizar y obtener datos referenciados geográficamente, para brindar apoyo en la toma de decisiones, en la optimización de asignación de recursos, priorizar las obras, monitorear el avance físico y tomar decisiones adecuadas de acuerdo a la información disponible.¹¹

2.2 Efectos del Ruido en la Salud¹²

Si bien es cierto, los efectos del ruido sobre la salud aún no están definidos con precisión, sin embargo, por lo general, puede ocasionar efectos sobre la sensibilidad auditiva humana, es decir inducir a la pérdida del sentido del oído.

⁹ ORDENANZA METROPOLITANA N° 213. Norma Técnica para el Control de Ruido Causado por Fuentes Fijas y Móviles. Abril 2007.

¹⁰ Harris, C. (1995). Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Volumen I. (3ª. Ed.). Madrid: McGraw-Hill.

¹¹ Universidad Técnica Particular de Loja. Sistemas de Información Geográfica. Disponible en: <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/index.php>

¹² Berglund, B. Lindvall, T. Schwella, D. GUIAS PARA EL RUIDO URBANO. OMS. (1999)
Disponible en: <http://www.gencat.cat/mediamb/ea/mobilitat/documents/mes/guiaspara%20ruidourbano.pdf>

La exposición prolongada a altos niveles de ruido ocasiona patologías como el Trauma acústico, que supone un daño orgánico inmediato del oído por excesiva energía sonora, produciendo una rotura completa y alteración del órgano de Corti.

En general, los efectos de la exposición a altos niveles de ruido que pueden hacer disminuir la capacidad auditiva pueden ocurrir en ambientes laborales, conciertos al aire libre, discotecas, carreras automovilísticas, zonas donde se dispara y por parlantes y audífonos. Debido a la considerable variación de la sensibilidad humana con respecto a los problemas auditivos, la naturaleza peligrosa de un ambiente ruidoso se describe en función del “riesgo del daño”. Esto se define como la probabilidad de una población expuesta al ruido de sufrir de sordera debido al ruido. Este riesgo se considera mínimo en niveles equivalentes de exposición al ruido inferiores de 75 dB(A) durante un período de 8 horas.

Los efectos significativos en la perturbación del sueño comienzan a partir de aproximadamente 30 dB Leq y se agravan cuando el nivel máximo del ruido aumenta. Aunque el nivel total equivalente del ruido sea bastante bajo, una pequeña cantidad de eventos de ruido con un nivel máximo de la presión del sonido afectará el sueño. Por consiguiente, las guías de ruido para la comunidad, cuya finalidad es evitar la perturbación del sueño, se expresan en función del nivel equivalente de la presión del sonido del ruido así como los niveles máximos y la cantidad de eventos de ruido. Cuando el nivel de fondo es bajo, es importante limitar los eventos del ruido que exceden 45 dBA. Por consiguiente, en el control de la exposición del ruido, también se debe considerar el nivel equivalente de la presión del sonido, los niveles pico del ruido y el número de eventos.

En lo que se refiere a las enfermedades cardiovasculares, la evidencia general indica que existe poca asociación entre la exposición de largo plazo a los ruidos y el aumento de la presión arterial o hipertensión. La evidencia en los efectos psicofisiológicos, como la movilidad gastrointestinal, es menos clara. Se requiere más investigación para estimar los riesgos cardiovasculares y psicofisiológicos de largo plazo causados por el ruido. En vista de los resultados ambiguos, no se puede determinar ningún valor guía para estos efectos críticos.

El ruido puede actuar como un estímulo de distracción y afectar el estado psicofisiológico del individuo. Un evento nuevo, como el inicio de un ruido desconocido causará distracción e interferirá en muchos tipos de tareas.

2.3 Marco Legal Aplicable: Norma Técnica para el control de ruido causado por fuentes fijas y móviles. Ordenanza Metropolitana No. 213

Esta norma tiene por objeto determinar los métodos y procedimientos para la determinación de los niveles de ruido ambiental provenientes de fuentes fijas y móviles, y los límites permisibles para emisiones de ruido de vehículos.

A continuación se muestra la Tabla 1 de la Norma Técnica para el control de ruido causado por fuentes fijas y móviles. Ordenanza Metropolitana No. 213, que detalla los valores de ruido ambiental que debe predominar en los distintos tipos de usos de suelo.

TABLA 1. NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS

TIPO DE ZONA SEGÚN EL USO DEL SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE: NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección ⁽¹⁾	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple ⁽²⁾	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2 ⁽³⁾	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5 ⁽⁴⁾	70	60

“Notas:

[1] Equipamientos se refiere al suelo destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación, transporte, servicios públicos e infraestructura. Uso de Protección Ecológica, es el suelo destinado al mantenimiento o recuperación de ecosistemas por razones de calidad ambiental y de equilibrio ecológico.

[2] Corresponde a áreas de centralidad en las que coexisten residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados.

[3] Industria de tipología de mediano impacto ambiental.

[4] Industria de tipología de alto impacto, peligrosa y mixta”¹³

¹³ ORDENANZA METROPOLITANA N° 213. Norma Técnica para el Control de Ruido Causado por Fuentes Fijas y Móviles. Abril 2007.

2.4 Marco Referencial: Guía para el ruido urbano de la Organización Mundial de la Salud¹⁴

En la tabla mostrada a continuación, se detallan los valores referenciales de ruido ambiente que deben predominar en ambientes urbanos específicos.

Cuadro 1 : Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos

Ambiente Específico	Efecto(s) crítico(s) sobre la salud	L_{Aeq} [dB(A)]	Tiempo [horas]	$L_{max, fast}$ [dB]
Exteriores	Molestia grave en el día y al anochecer Molestia moderada en el día y al anochecer	55 50	16 16	- -
Interior de la vivienda, dormitorios	Interferencia en la comunicación oral y molestia moderada en el día y al anochecer Trastorno del sueño durante la noche	35 30	16 8	- 45
Fuera de los dormitorios	Trastorno del sueño, ventana abierta (valores en exteriores)	45	8	60
Salas de clase e interior de centros preescolares	Interferencia en la comunicación oral, disturbio en el análisis de información y comunicación del mensaje	35	Durante clases	-
Dormitorios de centros preescolares, interiores	Trastorno del sueño	30	Durante el descanso	45
Escuelas, áreas exteriores de juego	Molestia (fuente externa)	55	Durante el juego	-
Hospitales, pabellones, interiores	Trastorno del sueño durante la noche Trastorno del sueño durante el día y al anochecer	30 30	8 16	40 -
Hospitales, salas de tratamiento, interiores	Interferencia en el descanso y la recuperación	#1		
Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	70	24	110
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento	Deficiencia auditiva (patrones: < 1 veces/año)	100	4	110
Discursos públicos, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	85	1	110
Música y otros sonidos a través de audífonos o parlantes	Deficiencia auditiva (valor de campo libre)	85 #4	1	110
Sonidos de impulso de juguetes, fuegos artificiales y armas	Deficiencia auditiva (adultos)	-	-	140 #2
	Deficiencia auditiva (niños)	-	-	120 #2
Exteriores de parques de diversión y áreas de conservación	Interrupción de la tranquilidad	#3		

#1: Lo más bajo posible.

#2: Presión sonora máxima (no LAF, max) medida a 100 mm del oído.

#3: Se debe preservar la tranquilidad de los parques y áreas de conservación y se debe mantener baja la relación entre el ruido intuso y el sonido natural de fondo.

#4: Con audífonos, adaptado a valores de campo libre.

¹⁴ Berglund, B. Lindvall, T. Schwella, D. GUIAS PARA EL RUIDO URBANO. OMS. (1999)

Disponible en: <http://www.gencat.cat/mediamb/ea/mobilitat/documents/mes/guiasparael%20ruidourbano.pdf>